

KAZÁN JELLEGGÖRBE ELEMZÉSE HŐKEZELÉSI FOLYAMAT OPTIMALIZÁLÁSÁHOZ

Dr. Ph.D. Fabulya Zoltán

adjunktus, Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, Szeged

SUMMARY

The quality and rentability of preserved food (besides the quality of the basic materials, the good recipe, the features of the production belts) are determined by their heat-treatment and its organization. The production process which was not planned carefully can imply quality problems and considerable increase of expenses. To support work organization with computer has not been in practice in Hungary so far. My main objective in case of technologies with an autoclave group is to elaborate a program system based on simulation which could help reduce the direct costs of heat-treatment and improve the quality of products. For this objective it is necessary to carry out further sub-tasks and examinations whose results should be utilized in the system. One of these is to analyse with simulation the load-dependent efficiency graph of gas boiler which provides the necessary amount of steam and then to use the results to find the conditions of optimal operation and to calculate costs reduction arising from it.

1. BEVEZETÉS

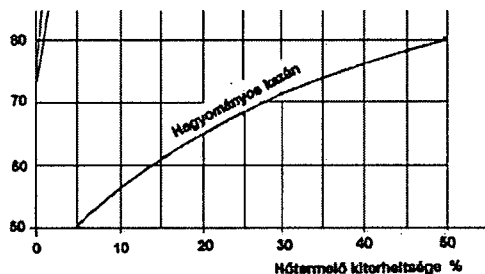
A konzervek hőkezelése, különösen húskonzervek esetén nagy energiaigényű folyamat, mivel sterilizéssel, 120 °C körüli, hosszú időtartamú hőhatással jár (Szenes és Oláh, 1991; Deák, 2006; Kovács, 1997). Mindeközben a természeti erőforrások felhasználásának csökkentése is fontos szempontként jelenik meg. Ez, a korábban energiatakarékosságnak nevezett tevékenység ma már kibővül a környezet menedzsment új rendszerszemléletével, a fenntartható fejlődés elvével, azaz kevesebb energiafelhasználással termelni ugyanannyi terméket, vagy több terméket előállítani fajlagosan kevesebb energiafelhasználás mellett (Kerekes és Szilávik, 1996). Bár ezeknek (pl. víz, elektromos és hőenergia) a felhasználásoknak a csökkentése nyilvánvaló költségcsökkentést, gazdaságosság javulást eredményez, nehéz keresztülvinni a megvalósítást az üzemekben, mert az elszámolás pótlékolva, átlagosan történik. Nem tesznek különbséget a valós felhasználás alapján, így a pazarlások, túlzott mértékű felhasználások nem mutathatók ki egyértelműen, mint ahogy a minőségi javulás és a beltartalmi érték növekedése sem.

A termékek minősége és a költséghatékony termelés érdekében mérnöki számításokat, modellezést, számítógépes szimulációt érdemes bevonni a témakör kutatásába. Olyan munkaszervezést kell kialakítani, mely garantálja a mikrobiológiai szempontból biztonságos termék előállítását, az előírások pontosabb betarthatóságát a magasabb minőség és alacsonyabb költségek érdekében. Ehhez szükséges olyan informatikai háttér, mely a kutatási eredmények alapján támogatást nyújt a megfelelő munkaszervezés kialakításában. Mindez a kor igényeinek megfelelő felhasználóbarát kezelőfelületekkel, szimulációs optimalizáló technikával, előrejelző, problémafeltáró szolgáltatásokkal biztosítható, egyúttal rugalmas bővítési lehetőségekkel tehető meg.

Hipotézisem szerint az időben változatlan értékű kazánterhelés biztosítja az elérhető maximális átlagos hatásfokot, míg a nagyobb ingadozású, szórású terhelések alacsonyabb átlagos hatásfokot eredményeznek ugyanakkora átlagos terhelés mellett, vagyis ugyanakkora mennyiségű termék hőkezelése során.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálathoz szükséges jelleggörbe kritikus, intenzívebb hatásfok változását mutató szakaszát ábrázoló diagram (1. ábra) az adatokat biztosító vállalat kazánjának dokumentációjában állt rendelkezésre azzal a szöveges kiegészítéssel, hogy 50% terhelés felett is folyamatosan nő a hatásfok, és 100% terhelésnél éri el a 90%-ot. Szintén e dokumentáció tartalmazta, hogy ez a jelleggörbe általánosságban minden hagyományos kazánra érvényes. Az ábra függőleges tengelyén a hatásfok azt fejezi ki, hogy a kazán fűtésére felhasznált gázmennyiségből kalkulálható hőmennyiség hány százaléka jelenik meg a kazánból kilépő gőz hőenergiájában. Ez azt jelenti, hogy a hőkezeléshez szükséges mennyiségű hőenergiát alacsonyabb hatásfok esetén nagyobb mennyiségű fűtőgáz tudja csak fedezni. Tehát a maximális hatásfok elérésére kell törekedni, ami a kazán adott terhelése, vagyis a hőkezelendő termék mennyisége mellett elérhető. Az ábra vízszintes tengelyén a kazán terhelése százalékában azt fejezi ki, hogy az időegység alatt maximálisan biztosítható, gőz formájában kilépő hőmennyiség hány százalékával terheljük a kazánt.



1. ábra. Kazán hatásfoka a terhelés függvényében

Forrás: kazán dokumentációja

A kutatás során függvényillesztésre volt szükség, vagyis paraméterektől függő számítógépes modellhez megtalálni a paramétereknek azt az értékkombinációját, amikor a modellel adódó eredmények minél pontosabb közelítést adják az ismert, megfigyelt adatoknak. Ehhez az Excel táblázatkezelő program Solver bővítményét alkalmaztam a legkisebb négyzetek módszerével. Ennek technikája, hogy egy-egy cellában megadjuk a keresett paramétereknek egy lehetséges kezdőértékét, valamint kialakítunk egy olyan számológépet, mely a paraméterek megváltozásakor automatikusan képezi egy cellában az összetartozó számított (szimulált) és ismert értékpárok különbségeinek négyzetösszegét. Ezután a Solver működtetéséhez beállítjuk, hogy melyek a keresett paraméterek cellái, mint módosuló cellák és a négyzetösszeg cellája, mint minimalizálandó érték. A Solverrel a megoldást kérve megkapjuk a paraméterek keresett értékkombinációját. Erre volt szükség az 1. ábrán látható jelleggörbe matematikai függvénnyel leírásához is.

Különböző eloszlású kazánterhelés adatokat szimuláltam véletlenszám-generálással (Monte Carlo módszer), hogy a modellel adódó eredmények alapján elemezhessem az egyenetlen kazánterhelés hatását a költségekre. Természetesen ez nagyon drága kísérletsorozat lett volna (amire lehetőségem sem lett volna), ha nem modellezéssel végzem. A Monte Carlo módszer lényege, hogy a mért adatok (kazánterhelések) helyett azok szimulált (véletlenszámként generált) értékeit alkalmazzuk a számítógépes modell bemenetén, s az így kapott eredményeket értékeljük ki a mért hatás (hatásfok alapján meghatározott gázfelhasználás) helyett.

3. EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Ahhoz, hogy adott terheléshez automatikusan megkaphassuk a hatásfokot, szükségünk volt a jelleggörbét leíró matematikai formájú függvényre. Tehát egy olyan függvényt kerestem, mely a $[0, 1]$ intervallum értékeihez (ami a $[0\%, 100\%]$ terheléstartomány megfelelője,) hozzárendeli a grafikonon látható hatásfok értékeket. A görbe jellegéhez illeszkedő 0 és 1 közötti kitevőjű $f(x)=x^n$ hatványfüggvényt választottam. A függvény lefelé eltolására (transzformációjára) is szükség volt (kb. 10%-kal), így a pontos érték megtalálása érdekében ezt is paraméternek tekintettem. Tehát a terhelés és a hatásfok kapcsolatát leíró függvényt a következő formában kerestem:

$$y = f(x) = x^n - d, \quad (1)$$

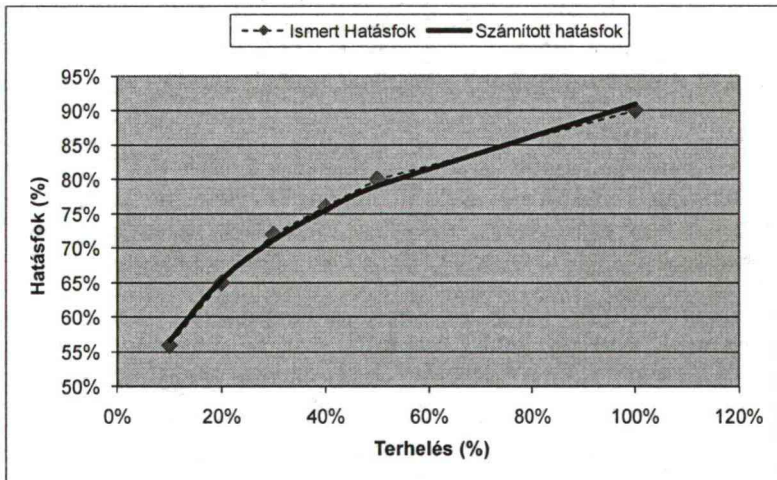
ahol:

- x – terhelés,
- y – hatásfok,
- n, d – keresett paraméterek.

A paraméterek értékét az Excel program Solver bővítményével kerestem meg a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazva. Ehhez a jelleggörbéről leolvastam adott terhelésekhez (10%-os lépésenként) a hatásfok értékeket, s az ettől legkisebb mértékű eltérést eredményező paramétereket kaptam. Így a következő függvény adódott:

$$y = f(x) = x^{0,2} - 0,09. \quad (2)$$

Az ismert hatásfok adatokból képzett grafikon és a modelljeül szolgáló függvény ábrázolása mutatta (2. ábra), hogy a két adatsor statisztikai egyezőségének vizsgálatára már nincs szükség. Az ábrán szaggatott vonallal a kazán jelleggörbéjéről leolvasott pontokon áthaladó görbe látható, míg a másik, a keresett függvénnyel adódott értékeken alapul.



2. ábra. Ismert és számított hatásfokgörbék a terhelés függvényében

Forrás: a szerző saját szerkesztése

A függvény segítségével már tetszőleges értékű terheléshez megkapható a hatásfok. Az elemzés során arra kerestem a választ, hogy adott átlagértékű, de különböző szórású, eloszlású kazánterhelések, milyen átlagértékű hatásfokot eredményeznek (1. táblázat). Így

megkapható, hogy adott termékmennyiség (kazánterhelés) hőkezelése mekkora hatásokkal, ebből következően gázfelhasználással biztosítható a terhelés egyenletességétől függően. A hatások relatív vesztesége azt mutatja, hogy az adott átlagos terhelés mellett maximálisan elérhető hatásokhoz viszonyítva, mekkora veszteség jelenik meg százalékban. A terhelés eloszlása azt az értéktartományt jelenti, melyben mozog a kazán terhelése.

1. táblázat. Kazán hatásoknak elemzése különböző terhelések mellett

Átlagos terhelés	Terhelés eloszlása	Átlagos hatások	Hatások relatív vesztesége	Költségnövekedés 100 millió Ft-os éves gázdíj esetén
70%	70%-70%	84,11%	0,0%	0
	65%-75%	84,06%	0,1%	100 eFt
	40%-100%	82,66%	1,8%	1 800 eFt
50%	50%-50%	78,06%	0,0%	0
	30%-70%	75,83%	2,9%	2 900 eFt
	20%-80%	75,39%	3,5%	3 500 eFt
	10%-90%	74,39%	4,9%	4 900 eFt
30%	30%-30%	69,60%	0,0%	0
	10%-50%	65,58%	6,1%	6 100 eFt

A kazánterhelések százalékos adatának generálásához a gyakorlatban lehetséges átlagértékeket és közelítő eloszlásukat vettem figyelembe. A kazán terhelésének éves átlaga 50% körüli. Egyenletlen terhelés egyik fő indoka a szezonális, amikor az egyes termékek igen nagy eltéréssel igényelnek hőkezelést. Természetesen ekkor nincs mód a terhelés kiegyensúlyozására. Egy másik, kutatásom szempontjából lényegesebb eset, amikor egyszerre többfajta, eltérő terheléssel járó terméket készítenek, s a gyártás műszakokra bontása során ezt nem veszik figyelembe, mint ahogy a jelenlegi gyakorlatban is ezt tapasztaltam. Ekkor például a műszakonkénti 50%-os átlagos terhelés helyett jellemző, hogy az egymást követő műszakokban akár 30%-os és 70%-os átlagterhelés jelentkezik. Viszont egy műszakon belül is nagy eltérések adódhatnak, amikor a párhuzamosan, több autoklávban zajló hőkezeléseket nem hangolják össze.

Mindebből látható, hogy a terhelések eloszlása nagyon széles skálán mozoghat, de például normális eloszlásúnak biztosan nem tekinthető. Emiatt a terhelés kiegyensúlyozatlanságára jellemző, különböző értékhatárok közötti egyenletes eloszlású adatsort generáltam. Meghatároztam az így adódó hatások átlagát és a relatív eltérést a kiegyensúlyozott állapothoz képest. E relatív vesztesége a hatásoknak egyúttal a kazán gázfelhasználásának vesztesége.

A vizsgálat során 30, 50 és 70% átlagos terhelések mindegyikénél megvizsgáltam, hogy a szórás milyen mértékben befolyásolja a hatásfokot. Az 1. táblázat utolsó oszlopában látható, hogy az adott átlagterhelés mellett mekkora relatív eltérése adódik a hatásoknak, s így a költségnek a maximálisan elérhető, szórás nélküli esettől.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredményekből látható, hogy a terhelés kiegyensúlyozatlanságának növekedésével a veszteség is emelkedik. Kisebb átlagterhelések mellett nagyobb jelentősége van a terhelés kiegyenlítésének, hiszen ekkor 6% is lehet a relatív veszteség. Az éves átlagnak tekinthető 50%-os terhelés mellett a legrosszabb esetben csaknem 5% veszteség adódott, ami például 100 millió Ft éves gázdíj esetén 5 millió Ft költségnövekedést jelent.

IRODALOMJEGYZÉK

- Deák, T. (2006):** Élelmiszer-mikrobiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 48., 138.
- Kerekes, S., Szlávik, J. (1996):** A környezeti menedzsment közgazdasági eszközei. Környezetvédelmi kiskönyvtár 2. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, pp. 37-38.
- Kovács, Á. (1997):** Az élelmiszertudomány alapjai III. Élelmiszerek mikrobiológiája és mikroökológiája. (Jegyzet.) Pécsi Orvostudományi Egyetem Egészségügyi Főiskolai Kar, Pécs, p. 148., 199., 327.
- Szenes, E., Oláh, M. (szerk.) (1991):** Konzervipari kézikönyv. Integra-Projekt Kft., Budapest, pp. 67-70.